

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Universität München
Direktor: Professor Dr. A. N. Witt

Biomechanische und klinische Untersuchungen zur transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik nach Steinhäuser

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Guido Graf Henckel von Donnersmarck

aus

Rottach-Egern

Jahr

1975

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. A. N. Witt

Mitberichterstatter :

Dekan : Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 4. Februar 1975

Meinen Eltern

**Biomechanische und klinische Untersuchungen zur
transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik nach Steinhäuser**

Guido Graf Henckel von Donnersmarck



Erschienen in
Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie
Band 84, Heft 2
© J. F. Bergmann Verlag München 1976

Biomechanische und klinische Untersuchungen zur transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik nach Steinhäuser

Guido Graf Henckel von Donnersmarck, W. Küsswetter und A. N. Witt

Orthopädische Klinik und Orthopädische Poliklinik der Universität (Direktor: Prof. Dr. A. N. Witt) München (BRD)

Biomechanical and Clinical Studies of the Transnaviculo-Lunar Resection Arthroplasty (Steinhäuser Operation)

Summary. In advanced injuries of the proximal carpal row there is a therapeutic alternative to other methods of treatment—the Transnaviculo-Lunar Resection Arthroplasty of J. Steinhäuser.

This operation gives the possibility to form a new joint by removing the os lunatum and the proximal two thirds of the os naviculare. The result is a painless new wrist which has a good range of motion.

Since 1968 six Steinhäuser operations have been performed by attending orthopaedic surgeons of the “Orthopädische Klinik München Harlaching” follow-up study reports this clinical and radiographic results as well as the biomechanical fundamentals of the new wrist.

The objective clinical and radiographic criterions, the subjective satisfaction of our patients and the biomechanical stability of the new wrist have shown, that there is a good prognosis of the Steinhäuser operation.

Zusammenfassung. Bei veralteten Verletzungen der proximalen Handwurzelreihe, die im wesentlichen das Os naviculare sowie das Os lunatum betreffen, gibt es als therapeutische Alternative zu anderen konservativen und operativen Behandlungsmethoden die von J. Steinhäuser entwickelte transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik.

Dieses nach dem Urteil von Max Lange noch einfachere Verfahren für die Behandlung veralteter Navicularepseudarthrosen und Lunatummalacien als die interkarpale Arthrodeese gestattet es, ein neues, funktionstüchtiges und schmerzfreies Handgelenk zu schaffen, ohne „im Falle des Versagens den Weg zur Handgelenksarthrodeese zu verbauen“ (Ch. Heyder).

In der vorliegenden Arbeit wurden die an der Orthopädischen Universitätsklinik München-Harlaching operierten Patienten einer umfangreichen klinisch-röntgenologischen Nachuntersuchung unterzogen; es wurde die Langzeit-

therapie bewertet und die biomechanischen Grundlagen des neuen Handgelenkes erarbeitet.

Die objektiven klinischen und röntgenologischen Kriterien wie auch die subjektive Zufriedenheit unseres relativ kleinen Patientenkollektives sowie die biomechanisch stabilen Verhältnisse der neuen Handwurzel geben diesem Operationsverfahren eine gute Prognose.

Für die Entstehung der Handgelenksarthrose spielen neben anderen Faktoren posttraumatische und aseptisch-nekrotische Veränderungen im Bereich der proximalen Handwurzelreihe eine wesentliche Rolle. Hierbei kommen dem Kahnbein und Mondbein, die zusammen den größten Teil der mit der Speiche artikulierenden Gelenkflächen der proximalen Handwurzelreihe bilden, besondere Bedeutung zu. Mit Formveränderungen einhergehende Krankheitsprozesse im Bereich dieser beiden Handwurzelknochen stellen eine Störung des Handwurzelgefüges dar und führen stets zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Arthrose des Handgelenkes. Dies gilt für die veraltete Navicularpseudarthrose ebenso wie für die veraltete perilunäre Luxation und die Spätstadien der aseptischen Kahn- als auch Mondbeinekrose. Klinisch gehen diese Krankheitsbilder meist mit starken Schmerzzuständen der Hand sowie erheblicher Bewegungseinschränkung des Handgelenkes einher; somit können sie zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Handgelenksfunktion führen und in schweren Fällen sogar den Verlust der Gebrauchsfähigkeit der Hand bedeuten.

In der Absicht, bei veralteten Handwurzelerkrankungen die Handgelenksarthrodese zu umgehen und in diesen schweren Fällen unter Erhaltung der Gelenkbeweglichkeit Schmerzfreiheit zu erzielen, gab J. Steinhäuser (1966) die transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik an. Der Grundgedanke der Zweidrittelresektion des proximalen Kahnbeines unter gleichzeitiger Exstirpation des Os lunatum bei veralteten Prozessen der proximalen Handwurzelreihe besteht nach J. Steinhäuser darin, unter Verwendung der vorhandenen Gegebenheiten eine völlig neue, funktionstüchtige Handwurzelreihe zu schaffen.

F. de Quervain beschreibt in seinem Beitrag zur Kenntnis der kombinierten Frakturen und Luxationen der Handwurzelknochen vom 15. 3. 1902 zwei Fälle mit transnaviculo-perilunärer Luxationsfraktur, bei denen er nach gescheiterten Repositionsversuchen jeweils die proximalen Navicularefragmente sowie das Os lunatum exstirpierte. In beiden Fällen kam es zur Abheilung mit Schmerzfreiheit und noch endgradig eingeschränkter Beweglichkeit. Das Handgelenk war vollständig belastbar. Damit war wohl zum erstenmal ein Versuch gelungen, durch die Exstirpation des Os lunatum sowie des proximalen Anteiles des Os scaphoideum ein neues, funktionell befriedigendes und schmerzfreies Handgelenk zu gestalten.

Operationstechnik

Aus Gründen der besseren Übersicht und der einfacheren Technik hat sich als Zugang ein dorsaler bogenförmiger Hautschnitt über dem Handgelenk bewährt. Nach Darstellung des Retinaculum extensorum wird dieses quer zur Faserrichtung durchtrennt und seitwärts umgeschlagen.

Unter Beiseiteschieben der Strecksehnen wird auf das Os lunatum eingegangen. Dieses wird aus seinen Bandverbindungen gelöst und entfernt. Sodann wird der proximale Zweidrittelanteil des Os scaphoideum gelöst und quer zur Längsachse reseziert. Bei der Resektion ist darauf zu achten, daß an der Resektionsfläche des verbleibenden distalen Kahnbeindrittels keine nach ulnar vorspringenden Kanten verbleiben, da diese das Proximalwärtstreten des Os capitatum behindern könnten (W. Steinhäuser). In den entstehenden Hohlraum wird ein Redon-Drain eingelegt.

Nach der Vernähung des Retinaculum extensorum erfolgt schichtweiser Wundverschluß.

Anschließend wird das Handgelenk bis zum Abschluß der Wundheilung im Vorderarmgips ruhiggestellt. Nach der Gipsabnahme erfolgt krankengymnastische Übungsbehandlung.

Mittelmeier hat die ursprüngliche Methode von J. Steinhäuser übernommen, führt jedoch zusätzlich eine Resektion des Processus styloideus radii durch und bildet ein Kapselinterpositum.

Klinisch-röntgenologische Untersuchungen

Es wurden zwischen dem 21. 6. 1968 und dem 4. 9. 1972 insgesamt 6 Patienten an der Orthopädischen Klinik München-Harlaching nach der Steinhäuserschen Methode in der oben angegebenen Technik operiert. 5 dieser Patienten konnten eingehend nachuntersucht werden.

1. Klinische Untersuchungsmethode

Im einzelnen wurden Umfangsmessungen des Ober- und Unterarmes sowie des Handgelenkes und der Mittelhand durchgeführt.

Der Bewegungsumfang der Rand- und Flächenbewegungen wurde mittels eines Winkelmessers nach der Neutral-Null-Methode bestimmt. Mit einem Handdynamometer wurde die Kraftleistung der Hand im dreifachen Versuch gemessen und der Mittelwert bestimmt. Alle Messungen und Untersuchungen erfolgten vergleichend an der operierten und gesunden Hand.

2. Röntgenologische Untersuchungsmethodik

Bei den Patienten wurden folgende Röntgenaufnahmen angefertigt:

- a) Im dorso-lateralen Strahlengang: maximale Radialabduktion, Normalstellung, maximale Ulnarabduktion, maximale Dorsalflexion sowie maximale Volarflexion.
- b) Im lateralen, radio-ulnaren Strahlengang: maximale Dorsalflexion, Normalstellung, maximale Volarflexion.

In Ergänzung hierzu wurden — soweit es der Bewegungsumfang des Handgelenkes zuließ — Aufnahmen bei 30° Radial- und Ulnarabduktion sowie Volar- und Dorsalflexion im anterior-posterioren und seitlichen Strahlengang hergestellt. Zusätzlich wurden Schichtaufnahmen der operierten Hand angefertigt und der Bewegungsablauf der Rand- und Flächenbewegungen röntgenkinematographisch dokumentiert (1 Patient).

Bei der Bewertung des Bewegungsumfanges wurde von der Normalstellung ausgegangen. Sie ist als die Stellung definiert, in der die Längsachse des Metacarpale III, die Längsachse des Os capitatum sowie die Längsachse des Unterarmes in eine gerade Linie fallen bzw. einander parallel verlaufen (R. Fick).

Die Normalstellung bezeichnet somit die Stellung des gestreckten Handgelenkes in der Achse des Unterarmes (Debrunner). Der Messung der Bewegungsauslässe ist die Neutral-Null-Methode zugrunde gelegt.

3. Methodik der Röntgenauswertung

Von den bei Radialabduktion wirkenden Muskeln üben der *Musc. extensor carpi radialis longus* und der *Musc. flexor carpi radialis* gleichzeitig auch eine pronatorische Wirkung auf den Unterarm aus (Lanz). Es lassen sich daher bei den Randbewegungen Pro- und Supinationsbewegungen des Unterarmes nicht völlig ausschließen. Für die unter a.-p.-Ebene angefertigten Röntgenaufnahmen ergeben sich dementsprechend geringe Differenzen in der Stellung des Radius und der Ulna zueinander. Da aufgrund der jeweils notwendigen Neueinstellungen ebenfalls geringe Abweichungen des Strahlenganges nicht immer vermeidbar waren, ließen sich bei einem Teil der a.-p.-Röntgenaufnahmen Radius und Ulna nicht exakt zur Deckung bringen. Für eine möglichst genaue röntgenologische Auswertung der Bewegungsvorgänge im Handgelenk mußte daher ein durch Umwendbewegungen des Vorderarmes unbeeinflusster fester Bezugspunkt gefunden werden.

Pro- und Supinationsbewegungen des Unterarmes erfolgen um die Umwendachse des Unterarmes, die zugleich die Konstruktionsachse des Unterarmes darstellt. Diese verläuft zu einem Teil durch die Mitte des Radiusköpfchens und zum anderen durch die Spitze des *Processus styloideus ulnae*. Der *Processus styloideus ulnae* stellt somit bei den Umwendbewegungen einen Fixpunkt dar, der als Bezugspunkt bei der Auswertung der a.-p.-Röntgenaufnahmen benützt werden kann.

Hierbei muß bemerkt werden, daß minimale und für die Auswertung vernachlässigbare Abbildungsunterschiede durch geringfügige Änderung der Strahlenrichtung durch die Einführung eines festen Bezugspunktes unberücksichtigt bleiben.

4. Messung des Umfanges der Randbewegungen am Röntgenbild

Als Bezugsachse zur Hand wurde eine Gerade durch die Spitze des *Processus styloideus ulnae* gewählt. Diese verläuft asymptotisch dem medialen Rand der Ulna. Annäherungsweise ist diese Längsachse der Unterarm-längsachse parallel. Um den Winkelbetrag der Randbewegungen zu messen, wurde durch den Drehpunkt (Abb. 10) des neuen Handgelenkes eine Parallele zu dieser Längsachse gezogen. Eine zu dieser Achse senkrechte Gerade ermöglicht es, den Winkelbetrag der Drehung des Kopfbeines wie auch der des Metacarpale III zu messen.

5. Messung des Umfanges der Flächenbewegungen am Röntgenbild

Zur Bestimmung des Bewegungsumfanges bei der Volar-Dorsal-Flexion wurde als Bezugsachse die Radiuslängsachse gewählt. Es wurde der Winkel zwischen Kopfbeinlängsachse und Radiuslängsachse anhand der seitlichen Röntgenaufnahmen gemessen. Der Mittelhandradiushachsenwinkel wurde anhand der lateralen Röntgenaufnahmen im Schnittpunkt zwischen einer Tangente am dorsalen Rand der Metacarpalia und der Radiuslängsachse bestimmt.

Klinische und röntgenologische Untersuchungsergebnisse

1. Klinische Ergebnisse

Alle nachuntersuchten Patienten waren mit dem Operationserfolg, insbesondere über den Bewegungsumfang sowie die Belastbarkeit der Hand zufrieden. Schmerzfreiheit gaben 4 Patienten an. 1 Patient, Fall 4, klagte über das Auftreten von ziehenden Schmerzen im Handgelenk bei starker Belastung.

Finger- und Daumenbeweglichkeit waren frei, Faustschluß, Spitz- und Grobgriff, Daumen-Kleinfinger-Basisgriff konnten von allen Patienten einwandfrei durchgeführt werden.

Die klinische Untersuchung zeigte, daß bei allen Patienten freie Beweglichkeit der übrigen Gelenke der oberen Extremität gegeben war.

Die Durchblutung und die Sensibilität der Hand waren in allen Fällen ungestört. Ein Anhalt für das Vorliegen einer Medianuskompression im Bereich

Tabelle 1. Zusammenfassung der klinisch-röntgenologischen Untersuchungsergebnisse

Patient, Operation	Radial- abduktion (°) klinisch	Ulnar abduktion (°) röntgeno- logisch	Dorsal- flexion (°) klinisch	Volar- flexion (°) röntgeno- logisch	Gesamt- exkursion (°) Rand- bewegung	Gesamt- exkursion (°) Flächen- bewegung	Kraft- messung (kp) operiert	Kraft- messung (kp) nicht operiert
I, re.	10-0-25	8-0-22	45-0-35	43-0-33	35	70	100	100
II, re.	20-0-25	15-0-26	50-0-10	50-0-10	45	60	60	70
III, re.	5-0-20	10-0-15	40-0-30	40-0-33	25	70	100	86
IV, li.	30-0-10	30-0-10	35-0-60	37-0-63	40	95	46	100
V, li.	5-0-20	0-0-21	30-0-10	40-0-0	25	40	40	45

Tabelle 2. Zusammenfassung der Kasuistik

Patient, Operation	Alter (Geb.- Datum)	Beruf	Diagnose	Präop. Behand- lung (Jahre)	Vorope- ration	Postop. Arbeitsun- fähigkeit (Wochen)	Berufs- wechsel	Beobach- tungs- zeitraum (Jahre)
I, re.	1. 10. 1949	Schreiner	Lunatum- malacie	1	—	17	Raum- gestalter	3 1/2
II, re.	25. 5. 1938	Stricker	Lunatum- malacie	5	—	14	—	2 1/2
III, re.	22. 2. 1937	Kfz-Me- chaniker	Lunatum- malacie	2	—	14	—	5
IV, li.	5. 10. 1939	Löter	Navicular- pseudarthrose	3 1/2	3mal	16	—	5
V, li.	5. 12. 1912	Putzfrau	aseptische Nekrose des Os naviculare	1	—	12	pensio- niert	4
VI, re.	29. 2. 1948	Gärtner- gehilfe	transna- viculo-lunäre Luxations- fraktur	2	1mal	14	—	1

des Canalis carpi ergab sich nicht. Die Ruhestellung der operierten Hand entsprach bei 4 Patienten jener der nichtoperierten; lediglich bei einem der nachuntersuchten Patienten bestand in Ruhe eine geringfügige ulnare Deviation.

In den 3 rechtsseitig operierten Fällen waren die Kraftleistungen der operierten und nichtoperierten Hand nahezu gleich.

In den linksseitig operierten Fällen war bei Fall 4 die Kraftleistung halb so groß wie die der rechten, gesunden Hand. Bei Fall 5 übertraf die Kraftleistung der linken Hand die der rechten (Tabelle 1).

Die Auswertung des Bewegungsumfanges der Rand- und Flächenbewegungen (Tabelle 1) ergab folgendes Bild:

1. Die Ulnarabduktion überwog deutlich die Radialabduktion.
2. Die Dorsalflexion überwog deutlich die Volarflexion.

Die Ausnahme bildete Fall 4, bei welchem das umgekehrte Verhältnis vorlag.

Im einzelnen ergaben sich für den Gesamtumfang der Randbewegungen im Schnitt ein Bewegungsausschlag von 34° (niedrigster Wert 25° , höchster Wert 45°).

Für die Flächenbewegungen lag der Gesamtausschlag im Mittel bei 67° (niedrigster Wert 40° , höchster Wert 95°).

Legt man die klinischen Normalwerte (Debrunner) zugrunde (Gesamtausschlag Randbewegungen: $55-70^\circ$, Flächenbewegungen: $85-120^\circ$), so ergab sich bei den Randbewegungen unter Zugrundlegung der unteren Normwerte eine Bewegungseinschränkung von 36%, bei den Flächenbewegungen eine Bewegungseinschränkung von 16%.

2. Röntgenologische Ergebnisse

Wie sich röntgenologisch nachweisen ließ, war in allen untersuchten Fällen das Os capitatum unmittelbar postoperativ proximalwärts gewandert, wobei sich seine Stellung zu den Mittelhandknochen, insbesondere zum Os metacarpale III, praktisch nicht veränderte.

In 5 Fällen stellte sich das Kopfbein auf die Radiusgelenkfläche ein, so daß die Gelenkfläche des Kopfbeinkopfes mit der distalen Radiusgelenkfläche artikuliert.

Eine Ausnahme bildete Fall 6, bei dem aufgrund einer ulnar verbliebenen Knochenkante des Navicularerestes eine komplette Einstellung des Os capitatum auf die distale Radiusgelenkfläche unterblieb.

Stets war der distale Kahnbeinrest nach volar gekippt und hatte sich nahezu senkrecht zur Unterarm längsachse (Abb. 13) eingestellt, so daß sich eine Artikulation der Volarseite des distalen Scaphoidrestes mit der distalen Radiusgelenkfläche ergab.

Auf den a.-p.-Röntgenaufnahmen projizierten sich Teile des Kopfbeines und des Kahnbeinrestes übereinander.

Seitliche Aufnahmen sowie Schichtaufnahmen ließen erkennen, daß sich der distale Anteil des Scaphoidrestes in Normalstellung und verstärkt bei Radialabduktion postoperativ im Sinne einer volar-ulnar gerichteten Bewegung teilweise volar unter das Kopfbein einstellt.

Kasuistik

Fall 1. 21-jähriger Schreiner. Diagnose: Lunatummalacie rechts. Seit April 1969 zunehmende Schmerzen und Bewegungseinschränkung (Abb. 1a u. b). — Operation nach Steinhäuser am 24. 4. 1970. Entlassung aus der stationären Behandlung am 14. 5. 1970. Arbeitsfähig seit September 1970. — Der heute als Raumgestalter arbeitende Patient ist mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden. Nach seinen Angaben treten nur bei langer stärkster Belastung mäßige Schmerzen im Handgelenk auf. Er segelt, rudert und turnt am Reck sowie an den Ringen (Abb. 2a u. b).

Abb. 2a u. b. Das Os capitatum hat sich auf die distale Radiusgelenkfläche eingestellt. Der Gelenkspalt zwischen dem Kahnbeinrest und dem Os capitatum ist deutlich verschmälert. Es bestehen arthrotische Veränderungen zwischen Kahnbeinrest und Os capitatum einerseits sowie der distalen Radiusgelenkfläche andererseits



(a)

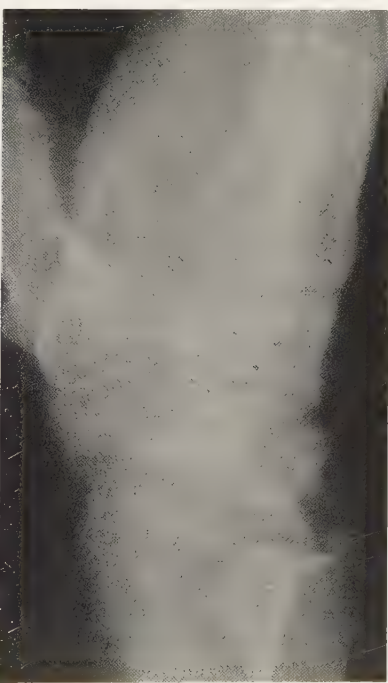


(b)

Abb. 1a u. b. Schollinger Zerfall des Os lunatum, geringgradige Arthrose der distalen Radiusgelenkfläche, keine Minusvariante nach Hultén

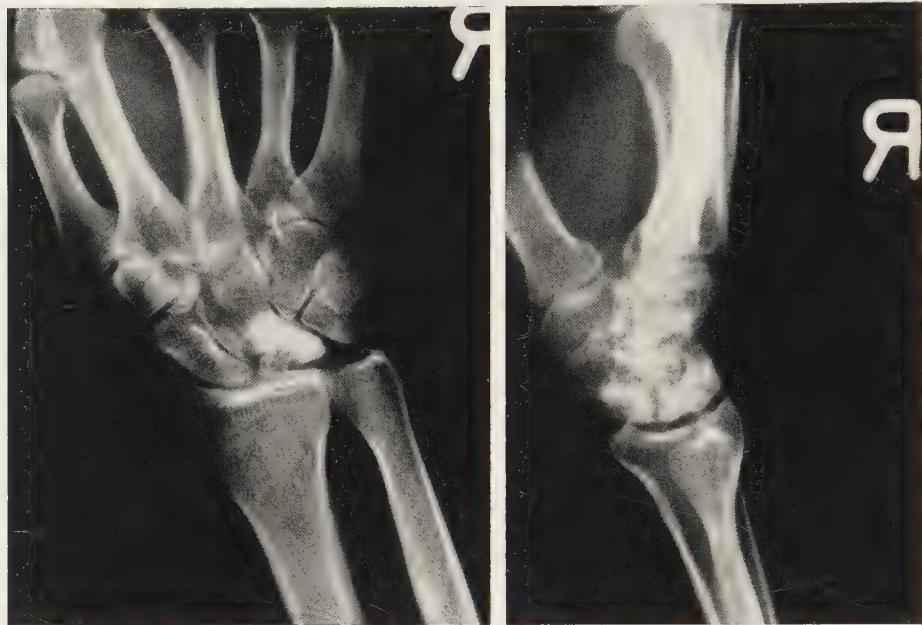


(a)



(b)

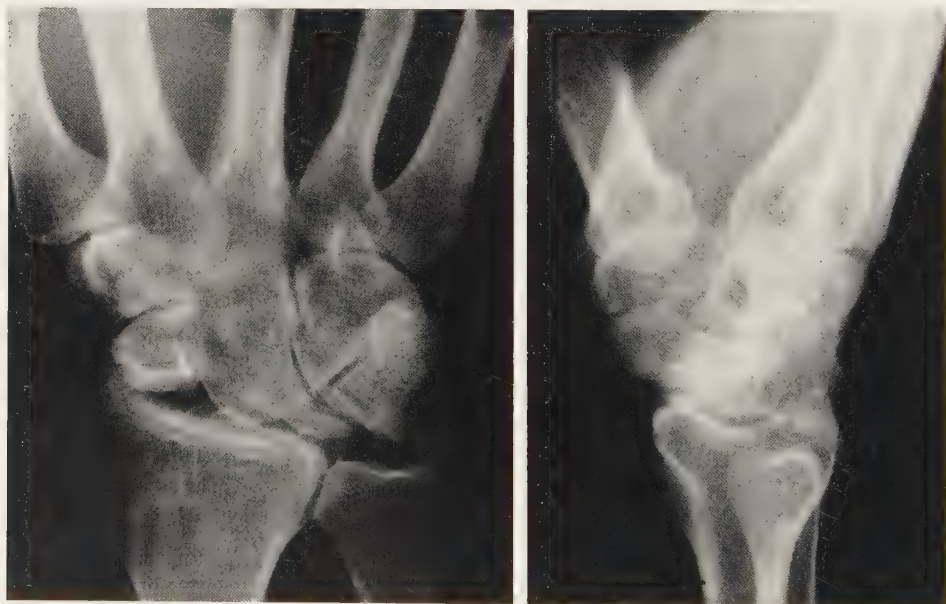
Abb. 2a u. b



(a)

(b)

Abb. 3 a u. b. Fortgeschrittene Deformierung des Os lunatum mit vereinzelt cystenartigen Aufhellungen und Unregelmäßigkeiten der Gelenkfläche. Arthrose der distalen Radiusgelenkfläche



(a)

(b)

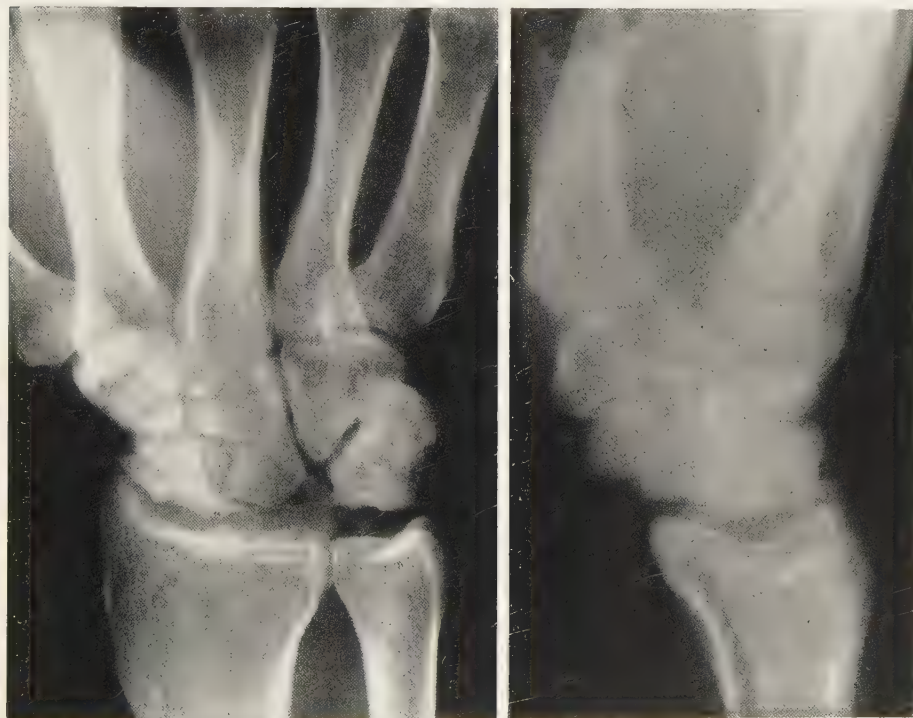
Abb. 4 a u. b. Es ist die Einstellung des Os capitatum auf die distale Radiusgelenkfläche erfolgt. Ein Fragment des Os lunatum ist verblieben, das volar zwischen Os capitatum und Os triquetrum zu liegen kommt. Keine weitere Zunahme der Handgelenksarthrose



(a)

(b)

Abb. 5 a u. b. Verdichtung und Umstrukturierung des Os lunatum. Die distale Radiusgelenkfläche zeigt vermehrte subchondrale Sklerosierung



(a)

(b)

Abb. 6 a u. b. Das Os capitatum hat sich auf die distale Radiusgelenkfläche eingestellt. Arthrotische Veränderungen zwischen Os naviculare und Os capitatum sowie Os naviculare und Processus styloideus radii sind erkennbar. Sklerosierung des Kahnbeinrestes

(a)



(b)



7



8

(a)

(b)

Abb. 7 a u. b. Der Processus styloideus radii ist abgetragen, die Pseudarthrose des Os naviculare scheint abgedeckt. Mäßige Arthrose im Bereich der Radiusgelenkfläche

Fall 2. 33-jähriger Angestellter. Diagnose: Lunatummalacie rechts. Erste Beschwerden 1966. Vorbehandlung auswärts mit 15wöchiger Ruhigstellung des Handgelenkes mittels Unterarmgips und nachfolgendem Tragen einer Ledermanschette. Trotz dieser Behandlung besserte sich der Zustand nicht (Abb. 3a u. b). — Operation nach Steinhäuser am 5. 1. 1971. Entlassung aus der stationären Behandlung am 29. 1. 1971. Arbeitsfähig seit April 1971. Der mit dem Operationsergebnis sehr zufriedene Patient gibt Schmerzen nur bei sehr starker Belastung der Hand an und vergleicht die Leistung der operierten rechten Hand mit der seiner gesunden linken Hand (Abb. 4a u. b).

Fall 3. 31-jähriger Kfz-Mechaniker. Diagnose: Lunatummalacie rechts. Seit 1966 zunehmende Schmerzen und Bewegungseinschränkung (Abb. 5a u. b). — Operation nach Steinhäuser am 21. 6. 1968. Entlassung aus der stationären Behandlung am 1. 7. 1968. Arbeitsfähig seit dem 30. 9. 1968. — Bei dem mit dem Operationsergebnis sehr zufriedenen Patienten treten lediglich bei langem Arbeiten mit dem Winkelschleifapparat Schmerzen auf. Der inzwischen zum Kfz-Meister avancierte Patient treibt Sport und wird seiner Arbeit voll gerecht; die stark beschwielten Hände lassen auf harte Arbeit schließen (Abb. 6a u. b).

Fall 4. 29-jähriger Lötter. Diagnose: Navicularepseudarthrose links. Der Patient zog sich 1965 durch Sturz auf die linke Hand eine Kahnbeinfraktur zu. Erstbehandlung auswärts mit Resektion des Processus styloideus radii. Am 19. 9. 1965 Reoperation an der Orthopädischen Klinik München. Weiteres Abtragen des Processus styloideus radii, Spongiosaplombierung und Einfügen eines Knochenspanes. Erneute Reoperation am 27. 4. 1966 mit Einfügen eines Cialitspanes in die straffe Pseudarthrose. Auch im Anschluß an diese Operation erfolgte kein knöcherner Durchbau des Os naviculare (Abb. 7a u. b). — Operation nach Steinhäuser am 17. 7. 1968. Arbeitsfähig ab 11. 11. 1968. — Der Patient klagt zeitweilig über Schmerzzustände im Handgelenk nach mäßiger bis starker Belastung (Abb. 8a u. b).

Fall 5. 51-jährige Putzfrau. Diagnose: Aseptische Nekrose des Os naviculare und Os lunatum links. Seit Dezember 1968 zunehmende Schmerzen im linken Handgelenk. Präoperativer Röntgenbefund: Nekrose des Os naviculare, das Os lunatum ist zusammengesintert. Geringe arthrotische Veränderungen im Bereich der angrenzenden Radiusbasis. (Die präoperativen Röntgenbilder waren nicht verfügbar.) — Operation nach Steinhäuser am 12. 11. 1969. Die Patientin arbeitete ab Februar 1970 in ihrem alten Beruf. Pensionierung 1971. — Der Bewegungsumfang des Handgelenkes ist stark eingeschränkt, jedoch gänzlich schmerzfrei. Die Patientin ist mit dem Operationsergebnis vollauf zufrieden (Abb. 9a u. b).

Fall 6. 24-jähriger Gärtner. Diagnose: Navicularepseudarthrose rechts. Arbeitsunfall im Jahr 1970 mit Fraktur des Os naviculare rechts, welche 1970 alio loco operativ versorgt wurde. Keine Ausheilung der Navicularefraktur. Präoperativer Röntgenbefund: Einmalig voroperierte Navicularepseudarthrose mit nekrotischem Zerfall des proximalen Anteiles; geringgradige Arthrose im Bereich der Radiusgelenkfläche. Keine Minusvariante nach Hultén. (Die präoperativen Röntgenbilder waren nicht verfügbar.) — Operation nach Steinhäuser am 4. 9. 1972. Arbeitsfähig seit dem 20. 11. 1972. — Der Patient erschien nicht zur Nachuntersuchung. Die letzte Untersuchung am 25. 5. 1973 ergab mäßige Schmerzen mit starker Einschränkung der Flächen- und Randbewegungen (Abb. 10a u. b).

Anatomie und Biomechanik der Hand nach der Steinhäuserschen Operation

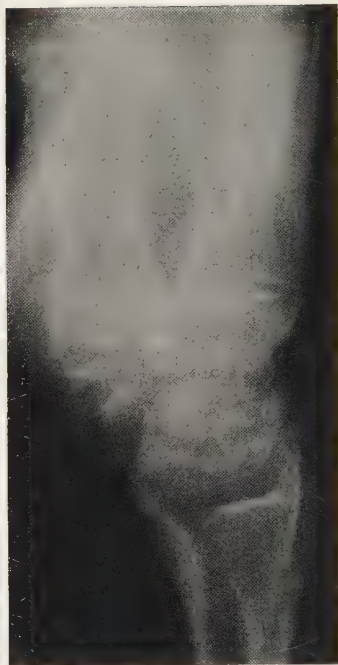
1. Anatomie des Handgelenkes nach der Steinhäuserschen Operation

Wie beim normalen Handgelenk bildet die distale Karpalreihe eine in sich nur minimal bewegliche Einheit; das Os capitatum bildet mit dem verbliebenen Rest

Abb. 8a u. b. Das Os capitatum steht in Kontakt mit der Radiusgelenkfläche. Kleiner Navicularerest. Ausgeprägte Arthrose der distalen Radiusgelenkfläche. Arthrotische Veränderungen zwischen Navicularerest und Os capitatum sowie der Radiusbasis, ebenso zwischen Os triquetrum und Os hamatum



(a)



(b)

Abb. 9a u. b. Das Os capitatum hat sich auf die Radiusgelenkfläche eingestellt. Sehr kleiner Navicularerest. Die an den Navicularerest angrenzenden Gelenkflächen sind arthrotisch verändert. Mäßige Zunahme der Arthrose im Bereich der angrenzenden Radiusbasis



(a)



(b)

Abb. 10a u. b.

des Os naviculare den gegenüber dem normalen Handgelenk verbreiterten und abgeplatteten Gelenkkopf des neuen Handgelenkes (Abb. 11).

Abbildung 12 verdeutlicht die volarseitige Bandhaft zwischen distaler Handwurzelreihe, dem Os triquetrum sowie dem proximalen Anteil des Os scaphoideum. Diese Bandhaft besteht aus den verbliebenen Ligamenta intercarpea volaria, dem Ligamentum carpi radiatum sowie dem Ligamentum pisohamatum. Diese Bandzüge sind nach der Steinhäuserschen Operation nahezu vollständig erhalten und geben der neuen Handwurzel in Verbindung mit den verbliebenen Faserzügen der vom Radius und der Ulna ausgehenden Bänder zur Handwurzel einen festen Halt. Auf der Dorsalseite ist als brückenschlagendes Band das „Ficksche Bogenband“, Ligamentum arcuatum carpi, besonders hervorzuheben. Es zieht über das Os naviculare bogenförmig über den Kopf und dient als Widerlager.

Die Gelenklinie verläuft wie in Abbildung 11 dargestellt, zwischen Scaphoidrest und dem Os capitatum einerseits sowie der distalen Radiusgelenkfläche und dem Os triquetrum andererseits.

2. Bestimmung des Drehpunktes der Randbewegungen

Unter Zugrundelegung des Processus styloideus ulnae als festen Bezugspunkt ließ sich der Drehpunkt der Randbewegungen des neuen Handgelenkes als Schnittpunkt der Längsachsen des Kopfbeines bei Radialabduktionsstellung, Normal-Null-Stellung und Ulnarabduktionsstellung aus den Funktionsröntgenaufnahmen ermitteln (Abb. 13a—c).

3. Bestimmung des Drehpunktes der Flächenbewegungen

Aus der Auswertung der lateralen Röntgenaufnahmen (Bewegungsaufnahmen, Tomogramme, Röntgenkinematographie) ließ sich für die Volar-Dorsal-Flexion keine einheitliche Drehachse konstruieren. Die Flächenbewegung des neuen Handgelenkes ist durch eine Polkurve bestimmt, die jedoch keine Gesetzmäßigkeiten erkennen läßt.

4. Biomechanik der Randbewegungen

Nach transnaviculo-lunärer Resektion bildet die distale Handwurzelreihe wie beim normalen Handgelenk eine in sich nur minimal bewegliche Einheit. Der neue Gelenkkopf (Abb. 11) verschiebt sich bei den Randbewegungen gleichsinnig gegen den Unterarm. Diese Seitenverschiebungen erfolgen um eine dorso-volare Achse, die durch den ermittelten Drehpunkt (Abb. 13a—c) geht. Somit bewegen sich bei der Radialabduktion die proximal des Drehpunktes liegenden Knochenpunkte nach ulnar, die distal davon liegenden nach radial. Bei der Ulnarabduktion entsteht analog das umgekehrte Bild (Abb. 13a—c).

Das Dreieckbein verändert seine Lage bei der Radialabduktion nur unwesentlich, das Hakenbein gleitet bei dieser Bewegung entlang dem Dreieckbein nach

Abb. 10a u. b. Aufgrund einer verbliebenen ulnaren Knochenkante des Navicularerestes hat sich das Os capitatum nicht vollständig auf die Radiusgelenkfläche eingestellt. Arthrose zwischen Navicularerest und der Radiusgelenkfläche; arthrotische Veränderungen zwischen Navicularerest und angrenzender Gelenkfläche des Os capitatum

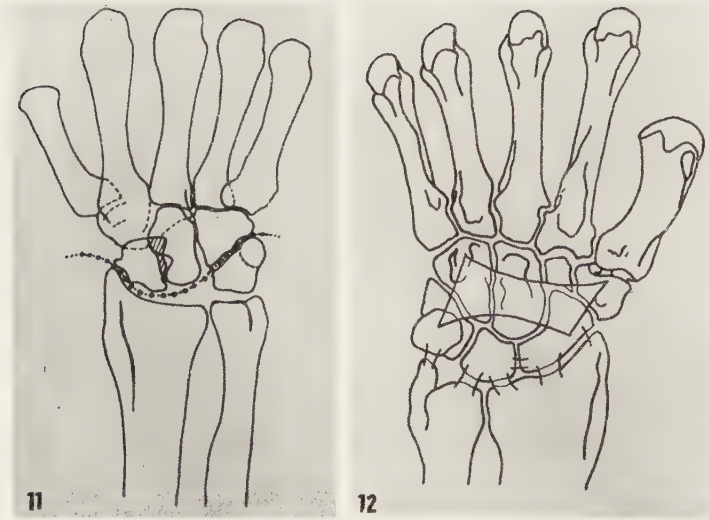


Abb. 11. Schematische Darstellung des Handgelenkes nach der Steinhäuserschen Operation mit eingezeichneter Gelenklinie (punktiert)

Abb. 12. Schema zur volarseitigen Bandhaft zwischen distaler Handwurzelreihe, Os triquetrum sowie dem proximalen Anteil des Os naviculare; verbleibende Bandhaft eingerahmt. (Modifiziert nach M. Hirsch)

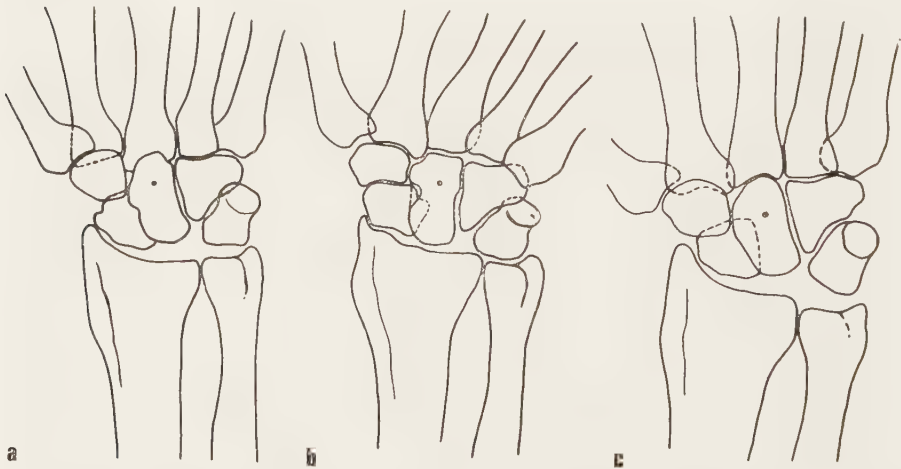


Abb. 13 a—c. Schematische Darstellung der Randbewegungen im Handgelenk nach der Steinhäuserschen Operation. Der ermittelte Drehpunkt ist eingezeichnet und liegt am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel des Os capitatum

distal. Kopfbeinkopf und Kahnbeinrest gleiten bei der Radialabduktion entlang der Radiusgelenkfläche nach ulnar. Hierbei verhakt sich der Kahnbeinrest volar- und ulnarseitig mit dem Capitatum mit zunehmender Radialabduktion, bis es

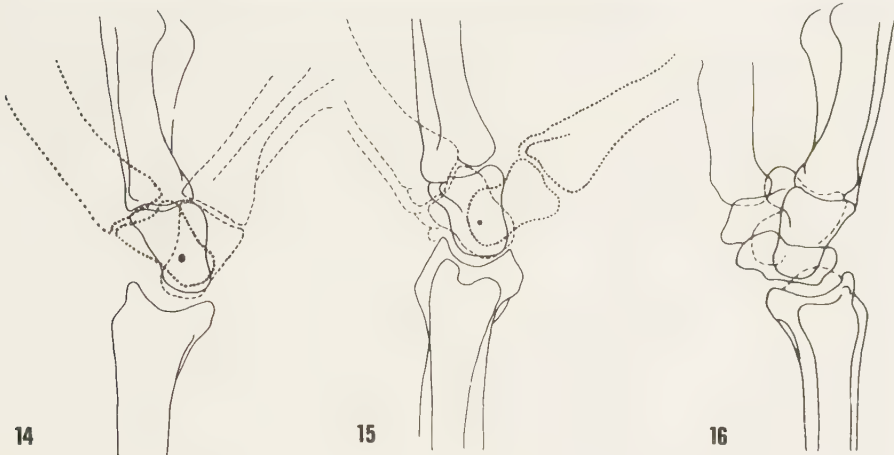


Abb. 14 u. 15. Übereinander projizierte Konturen des Os capitatum sowie des Metacarpale III bei den Flächenbewegungen. Der eingezeichnete Bezugspunkt läßt die Verschiedenartigkeit der Bewegungsabläufe klar erkennen. (Abb. 14 skizziert nach Fall 3 der Kasuistik, Abb. 15 skizziert nach Fall 4 der Kasuistik)

Abb. 16. Horizontale Einstellung des Navicularerestes nach der Steinhäuserschen Operation (skizziert nach Fall 3 der Kasuistik: relativ großer Navicularerest, jedoch ausgezeichnetes funktionelles Resultat)

schließlich zu einem Verkeilen des Kahnbeinrestes zwischen dem Processus styloideus radii bzw. der angrenzenden Radiusgelenkfläche einerseits und dem Capitatum andererseits kommt (Abb. 13a).

Entgegen diesen Beobachtungen zeigt sich im Falle 4 ein Übergleiten des Navicularerestes über die Resektionsstelle des Processus styloideus nach radial.

Bei der Ulnarabduktion besteht eine deutliche Radialverschiebung der distal des Drehpunktes gelegenen Knochenpunkte. Das Os triquetrum senkt sich bis zum festen Kontakt auf den ulnaren Rand der Radiusgelenkfläche bzw. den Discus articularis. Der übrige Carpus dreht sich noch um einen gewissen Betrag entlang der Gelenkfläche zwischen Os triquetrum und Os hamatum sowie der Radiusgelenkfläche weiter (Abb. 13b).

5. Biomechanik der Flächenbewegungen

Wie bereits oben beschrieben, ließ sich für die Flächenbewegungen keine einheitliche Drehachse konstruieren. Wie beim normalen Handgelenk bilden die Ligamenta radiocarpea volaria et dorsalia, das Ligamentum arcuatum und das Ligamentum carpi radiatum ein festes Widerlager des Os carpitatum und hemmen dessen Bewegungen. Ganz allgemein gilt auch hier, daß der volarseitige Bandapparat stärker ausgebildet ist als der dorsale.

Die Dorsal- und Volarflexion war bei allen unseren Patienten nur geringgradig eingeschränkt (Tabelle 1). Bei keinem der Patienten betrug die Dorsalflexion weniger als 35°. Der Kopf des Os capitatum wandert während der Dorsalflexion nach volar (Abb. 14 u. 15).

Wie bei den abgebildeten Bewegungsstudien demonstriert wird (Abb. 14 u. 15), sind Gemeinsamkeiten bei der Volarflexion nur schwer zu erkennen. Im Falle 4 luxiert bei dieser Bewegung der Scaphoidrest nach volar, und das Os capitatum entfernt sich beträchtlich von der radioulnaren Gelenklinie. Dieses steht im Gegensatz zu den übrigen Fällen, bei denen sich zwar der Abstand des Kopfes und des Os capitatum von der radio-ulnaren Gelenkfläche gering vergrößert, das Restfragment des Os naviculare jedoch nicht nach volar luxiert. Der Kopfbeinkopf wandert bei der Volarflexion geringfügig nach dorsal (Abb. 14).

6. Einzelbewegungen

Wackelbewegungen des nach volar eingestellten Scaphoidrestes (Abb. 16) waren besonders bei den lateralen Funktionsaufnahmen erkennbar. Gemeinsam waren diesen Bewegungen eine Abnahme des Winkels zwischen der Längsachse des Scaphoidrestes und der Längsachse des Os capitatum bei der Volarflexion sowie eine Zunahme dieses Winkels bei der Dorsalflexion. Die erkennbaren Gleitbewegungen des Scaphoidrestes sind in den Abbildungen darstellbar, zeigen jedoch keine Einheitlichkeit.

Bei den Randbewegungen ist die volarseitige Unterlagerung des proximalen Scaphoidrestes unter das Os capitatum um so ausgeprägter, als die Hand nach radial abduziert wird. Auch hier bestehen Unterschiede im Grad der Unterlagerung (Abb. 13a). Der Abstand des Os triquetrum hat sich ebenso wie der der anderen Knochen des Carpus gegenüber der radio-ulnaren Gelenkfläche verringert. Bei der Radialabduktion führt das Os triquetrum nur eine geringe Bewegung nach distal aus, um dann dem übrigen Carpus zur weiteren Rotation als Lagerschale zu dienen. Bei der Ulnarabduktion senkt sich das Os triquetrum im Sinne einer proximal-radial gerichteten Bewegung auf die radio-ulnare Gelenkfläche bis zum Anstehen auf diese zu und dient auch hier dem übrigen Carpus als Lagerschale zur weiteren Rotation. Bemerkt sei hier weiter, daß diese Bewegungen des Os triquetrum einen sehr kleinen Umfang haben. Auch lassen sich keine wesentlichen Ulnar- bzw. Radialverschiebungen des Os triquetrum erkennen.

Diskussion

Als Ultima ratio für das therapeutische Angehen der veralteten Verletzungen im Bereich des Os lunatum und des Os scaphoideus boten sich bis vor wenigen Jahren nur versteifende bzw. stark funktionseinschränkende Behandlungsmethoden an.

Diese bestanden entweder in dem erneuten Versuch, durch konsequente Ruhigstellung der Hand über 3 und mehr Monate mittels eines Unterarmgipsverbandes sowie dem Tragen einer Ledermanschette Schmerzfreiheit und wenn möglich eine Ausheilung zu erzielen (L. Böhler; G. Heinemann; A. N. Witt; u. a.).

Bei jungen Patienten bzw. bei Patienten mit schwerer Handarbeit genügen jedoch diese Methoden zum großen Teil nicht. Speziell hier wurde unter Verzicht auf ein bewegliches Handgelenk die Handgelenksarthrodese in den Vordergrund der Therapie gestellt (A. N. Witt). Dieses Verfahren weist einen guten Dauererfolg auf, da mit ihm Schmerzfreiheit sowie die Wiederherstellung der Greif- und Haltefunktion der Hand erzielt werden.

Die zur Behandlung veralteter Prozesse im Bereich der proximalen Handwurzel angegebenen Formen der Resektionsarthroplastik stellen einen schwerwiegenden Eingriff in die Biomechanik des Handgelenkes dar. Dies gilt für die isolierte Lunatumexstirpation (J. P. Razemow) oder für die Naviculareexstirpation (M. Hirsch) ebenso wie für die proximale Karpektomie (Jorgensen) oder die transnaviculo-lunäre Resektion (J. Steinhäuser): Durch den Zug der vom Vorderarm auf die Hand wirkenden Muskulatur rückt nach partieller oder totaler Resektion der proximalen Handwurzelreihe die distale Handwurzelreihe nach proximal, wobei sich der Kopfbeinkopf auf die distale Radiusgelenkfläche einstellt. Diesen Effekt konnten wir bei 5 unserer Patienten beobachten. Wie von L. Böhler, Viernstein u. Weigert, Weber, Allgöwer u. Nigst angegeben, befriedigen die Ergebnisse der isolierten Kahnbein- oder Mondbeinexstirpation im Endeffekt nicht.

Die biomechanische Erklärung hierfür ist nach Jorgensen darin zu suchen, daß durch isolierte Resektion des Kahnbeines oder Mondbeines zu wenig Raum geschaffen wird für die bequeme Aufnahme des Kopfbeinkopfes und dessen ungestörte Artikulation mit der distalen Radiusgelenkfläche. Das Kahnbein entwickelt hier eine Keilwirkung auf die verbliebenen proximalen Handwurzelknochen und drängt diese auseinander. Schmerzen und Funktionsverlust des Handgelenkes sind die Folge.

Demgegenüber wird durch die von J. Steinhäuser angegebene Exstirpation des Mondbeines unter gleichzeitiger Resektion von zwei Dritteln des Kahnbeines genügend Raum für das ungestörte Proximalwärtstreten des Kopfbeines geschaffen. Dabei ist es wichtig, wie Steinhäuser jun. und sen. betonen, tatsächlich zwei Drittel des Kahnbeines zu reseziieren; verbleibt ein zu großer Kahnbeinrest, entsteht auch hier die Gefahr der „Raumnot“ für das Kopfbein, was zwangsläufig zu schlechten Ergebnissen führt. Dieses Phänomen konnten wir bei einem unserer Patienten (Fall 6) beobachten (Abb. 15).

Während bei der von Graner et al. entwickelten, technisch aufwendigen (M. Lange) intrakarpalen Arthrodeese die Wiederherstellung der Gelenklinie des ersten Handwurzelgelenkes angestrebt wird, ist es das Ziel — sowohl der transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik als auch der proximalen Karpektomie —, ein neues, funktionsfähiges Handgelenk zu schaffen. Neben der Gewinnung einer ausreichenden Beweglichkeit ist dabei die Erhaltung einer genügenden Stabilität als Voraussetzung für eine sichere Kraftübertragung von entscheidender Bedeutung. Während Jørgensen durch radikale Entfernung der gesamten proximalen Handwurzelreihe den Verlust der Bandführung durch das Ligamentum collaterale radiale und von Teilen des Ligamentum collaterale ulnare sowie des Ligamentum radio carpium dorsale und des Ligamentum radio carpium volare in Kauf nimmt, bleiben bei der Operation nach Steinhäuser durch Belassung des Kahnbeinrestes und des Os triquetrum diese im wesentlichen unversehrt. Damit ist nach der transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik eine ausreichende Stabilität gewährleistet, die in der bei allen unseren Patienten beobachteten guten Kraftleistung der Hand ihren Ausdruck findet.

Bei der Betrachtung der Bewegungsausschläge der Rand- und Flächenbewegungen nach transnaviculo-lunärer Resektion fällt ein deutliches Überwiegen der Dorsalflexion wie auch der Ulnaabduktion gegenüber der Volarflexion bzw.

der Radialabduktion auf. Unseren Beobachtungen zufolge ergeben sich für die Rand- und Flächenbewegungen folgende Mechanismen:

Hemmung der Radialabduktion

1. Aufgrund der engen Raumverhältnisse zwischen dem Os capitatum, dem Navicularerest und der distalen Radiusgelenkfläche sowie dem Processus styloideus radii kommt es bei der Drehung des Os capitatum nach radial zu einer Platzkonkurrenz mit dem Kahnbeinrest; dieser verkeilt sich schließlich zwischen Os capitatum und dem Processus styloideus radii und verhindert einen weiteren radialen Bewegungsausschlag.

2. Durch die Verlagerung der Hand nach proximal und der damit verbundenen Drehpunkts- und Drehmomentsänderung der angreifenden Muskulatur.

3. Durch den Anschlag des tiefergetretenen Vieleckbeines am Processus styloideus radii, den wir bei 3 unserer Fälle beobachten konnten.

Einem Ausweichen des Os capitatum nach ulnar, wie es bei der Platzkonkurrenz zwischen Navicularerest und Capitatum denkbar wäre, setzen das Ligamentum collaterale ulnare, die Ligamenta radio carpia volare et dorsalia Grenzen.

Hemmung der Ulnarabduktion

Eine Erklärung für das Anstoßen des Os triquetrum an den ulnaren Rand der Gelenkfläche des Radius bzw. des Discus articularis findet sich in Anbetracht des verringerten Abstandes zwischen Os triquetrum zu Radius und Ulna. Während jeder weitere Zug der Ulnaabductoren speziell des Musculus flexor carpi ulnaris lediglich eine weitere Anpressung des Os triquetrum an den Discus articularis bzw. an die ulnare Seite der Radiusgelenkfläche bewirkt, läßt sich das Weiterdrehen des übrigen Carpus durch die Übertragung des Muskelzuges auf diesen durch das Ligamentum pisohamatum und pisometacarpium erklären (Abb. 13b).

Die Hemmung der Dorsalflexion erfolgt am operierten Handgelenk im wesentlichen durch den volaren Bandapparat und den Zug der Flexoren. Daneben ist nach unserer Meinung auch ein Ausschlagen der Dorsalfläche des Kopfbeines an den dorsalen Rand der Radiusgelenkfläche denkbar, da wir bei Schichtaufnahmen deutliche ossäre Ausziehungen am dorsalen Rand der distalen Radiusgelenkfläche feststellen konnten.

Die Volarflexion wird ebenso wie beim gesunden Handgelenk durch den dorsalen Bandapparat in Grenzen gehalten. Bei Fall 4, bei dem der Bewegungsumfang der Volarflexion mit 60° den höchsten Wert unter allen nachuntersuchten Patienten zeigte, konnte auf den Funktionsaufnahmen beobachtet werden, daß der Navicularerest nach volar luxierte, so daß eine ausgiebigere Volarflexion ermöglicht wurde. Die bei den übrigen Patienten nicht zu beobachtende Bewegung ist unserer Meinung nach auf den durch Abtragung des Processus styloideus radii bedingten fehlenden Bandhalt für den Navicularerest zurückzuführen.

Die klinischen und röntgenologischen Untersuchungsergebnisse brachten uns zu der Überzeugung, daß die transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik nach Steinhäuser zu einem gut belastbaren, ausreichend beweglichen sowie nahezu gänzlich schmerzfreien neuen Handgelenk führt. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 2½ bis 5 Jahren der von uns nachuntersuchten Patienten ließ sich eine starke Zunahme der präoperativ bestehenden arthrotischen Veränderungen nicht feststellen. Interessant war, daß alle Patienten, bei welchen die rechte Hand nach der Steinhäuserschen Methode operiert worden war, den Gebrauchswert der

operierten Hand mit dem der gesunden Hand gleichsetzen. Besonders zufrieden waren jene Patienten, die einer manuellen Arbeit nachgingen. Offensichtlich steht das gute Ergebnis bei diesen Patienten in direktem Zusammenhang mit dem Training der operierten Hand. Diese Beobachtung steht in gutem Einklang mit dem Satz von W. Steinhäuser: „Gerade ein neues Gelenk braucht oft Jahr und Tag, um sich funktionell anzupassen.“

Literatur

- Allgöwer, M., Nigst: Allgemeine und spezielle Chirurgie. Berlin-Heidelberg-New York: Springer 1971
- Böhler, J., Bunnell, S. T.: Die Chirurgie der Hand. Wien-Bonn-Bern: Maudrich 1957
- Debrunner, H. U.: Gelenkmessung (Neutral-0-Methode), Längenmessung, Umfangmessung. AO-Bulletin 1971
- Fick, R.: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, Bd. I. 1904
- Graner, O., Lopes, E. J., Carvalho, B. C., Atlas, S.: Arthrodesis of the carpal bones in the treatment of Kienböck's disease. Painful united fracture of the navicular and lunate bones with avascular necrosis and old fracture dislocations of the carpal bones. *J. Bone Jt Surg.* **48-A**, 767 (1966)
- Hayder, Ch.: Frühergebnisse der Steinhäuser'schen Operation zur Behandlung von Navikulare-Pseudarthrosen und schweren Handgelenksarthrosen. *Zbl. Chir* **93**, 30 (1968)
- Heinemann, G.: Veraltete Frakturen und Pseudarthrosen des Kahnbeines. *Hefte Unfallheilk.* **94**, 48—53 (1968)
- Hirsch, M.: Die Verletzungen der Handwurzel. *Ergebn. Chir. Orthop.* **8**, 718—782 (1914)
- Hirsch, M.: Konservative oder operative Behandlung der Fraktur des Os naviculare carp. *Wien. med. Wschr.* **2**, 803—804 (1935)
- Hultén, O.: Über anatomische Variationen der Handgelenksknochen. *Acta radiol.* **9**, 155 (1928)
- Jorgensen, E. C.: Proximal row carpectomie. *J. Bone Jt Surg.* **51-A**, 1104—1111 (1969)
- Lange, M.: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre, Ergänzungsband, S. 109. München: J. F. Bergmann 1968
- Lanz, T. v., Wachsmuth, W.: Praktische Anatomie, 1. Band/III. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950
- Mittelmeier, H.: Gelenkplastiken an Schulter, Ellenbogen, Hand und Fuß. *Chir. Plast. et Reconstr.* **7**, 32—33 (1970)
- Quervain, F.: Beitrag zur Kenntnis der kombinierten Fracturen und Luxationen der Handwurzelknochen. *Mschr. Unfallheilk.* **IX**, 3 (1902)
- Razemou, J. P., Vandevelde, R.: Accourissement du radius. *Rev. Chir. orthop.* **59**, 169 (1973)
- Steinhäuser, J.: Beitrag zur operativen Behandlung der Naviculare-Pseudarthrose. *Z. Orthop.* **101**, 361—369 (1966)
- Steinhäuser, J.: Ein neues Verfahren in der operativen Behandlung veralteter Kahnbeinbrüche und Navikulare-Pseudarthrosen der Hand. *Verh. dtsh. orthop. Ges.* **53**, 289—295 (1967)
- Steinhäuser, J.: Zur operativen Behandlung der Mondbeinnekrose. *Verh. dtsh. orthop. Ges.* **55**, 430—433 (1968)
- Steinhäuser, J.: Ein Mehrzweckinstrument zur Entfernung des Mondbeines bei schwerer Lunatum-Malazie und veralteten Handwurzel-Verletzungen. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* **66**, 110—113 (1969a)
- Steinhäuser, J.: Möglichkeiten und Grenzen der transnaviculo-lunären Resektions-Arthroplastik der Hand. *Handchirurgie* **1**, 49—56 (1969b)
- Steinhäuser, J.: Langzeitergebnisse mit der transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik (Steinhäuser-Operation) bei fortgeschrittener Mondbeinnekrose. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* **78**, 237—247 (1974)
- Steinhäuser, J., Abele, H.: Beitrag zur Pathogenese der Mondbeinnekrose. *Arch. orthop. Unfall-Chir.* **78**, 227—236 (1974)

- Steinhäuser, W.: Fehlergebnisse in der Behandlung der Handwurzelverletzungen und ihre Beseitigung durch die transnaviculo-lunäre Resektion. Beitr. Orthop. Traum. **1**, 24—25 (1968)
- Viernstein, K., Weigert, M.: Die Radiusverkürzungsosteotomie bei der Lunatummalazie. Münch. med. Wschr. **109**, 1992 (1967)
- Viernstein, K., Weigert, M.: New methods for the treatment of lunatum-malacie. Wiederherstellungschir. u. Traum. **11**, 154 (1969)
- Witt, A. N.: Die Operationen am Oberarm, Ellenbogengelenk, Vorderarm, Handgelenk sowie an Hand und Fingern, Stumpfoperationen. Chirurg. Operationslehre Bier-Braun-Kümmell. Leipzig: J. A. Barth
- Witt, A. N.: Mündliche Mitteilungen

Eingegangen am 1. September 1975

Dr. Guido Graf Henckel von Donnersmarck
Orthopädische Universitätsklinik
Harlachinger Straße 51
D-8000 München 90
Bundesrepublik Deutschland

Nachwort

Herrn Professor Dr. A. N. Witt danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für seine Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit. Auch danke ich Herrn Professor Dr. Decker für die Erlaubnis zur Durchführung der röntgen-kinematographischen Untersuchung an seinem Institut.

Zu großem Dank bin ich Herrn Dr. Küsswetter verpflichtet, der mir jederzeit freundschaftlich mit Rat und Tat zur Seite stand.

Auch Herrn Diplomingenieur Ungethüm sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Lebenslauf

Guido Graf Henckel von Donnersmarck, geboren am 22. 10. 1947 in Tegernsee als Sohn des Karl-Erdmann Graf Henckel von Donnersmarck und seiner Frau Elisabeth, geborene Friherrinnan Uggla.

Besuch der Volksschule Tegernsee von 1953—1957.

Nach der Absolvierung des Gymnasiums Tegernsee Reifeprüfung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges am 21. 7. 1967.

Beginn des Studiums an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität München im Wintersemester 1967/68.

Mit dem Wintersemester 1968/69 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Universität Innsbruck. Absolvierung des 1. Medizinischen Rigorosums am 26. 11. 1971.

Seit dem Sommersemester 1972 Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München.

30. 1. 1975 Staatsexamen an der Ludwig-Maximilians-Universität.

4. 2. 1975 Promotion an der Ludwig-Maximilians-Universität.

